Богородицкий
Изб-29
+
Левъ Владимировичъ ЩЕРБА.
Инв. N 1390

НѢСКОЛЬКО СЛОВЪ ПО ПОВОДУ ГОВОРЯЩЕЙ МАШИНЫ ФАБЕРА.

(Сообщеніе, сдѣланное 20 января 1883 г. въ засѣданіи физико-математической секціи Общества Естествоиспытателей при Императорскомъ Казанскомъ университетѣ приватъ доцентомъ **В. А. Богородицкимъ**).

Предварительно сдѣлаю краткій обзоръ *акустической стороны произношенія.*

Когда мы говоримъ, то происходитъ колебаніе воздуха. Колебаніе, сообщившись слуховому нерву, дойдя до мозга, становится звукомъ. Какимъ образомъ движеніе нервной матеріи можетъ возбудить *ощущеніе* звука,—это тайна, которую мы не можемъ постигнуть.

Когда по воздуху проходитъ рядъ звуковыхъ волнъ, то въ одномъ случаѣ мы получаемъ ощущеніе *музыкальнаго звука*, а въ другомъ – ощущеніе *шума*. Ощущеніе музыкальнаго звука получается отъ достаточно быстрыхъ *періодическихъ* (правильныхъ, ритмическихъ) движеній, а ощущеніе шума происходитъ отъ движеній *неперіодическихъ*. *Гласные* звуки—музыкальные звуки, *согласные* же характеризуются шумомъ.

Сила звука зависитъ отъ амплитуды колебаній; *высота тона* обусловливается частотою колебаній.

Произнесемъ звукъ а, не измѣняя высоты тона, начавши громкимъ голосомъ и постепенно стихая (diminuendo):

>
а...а

Левъ Владимировичъ ЩЕРБА.

это значитъ, что быстрота вибрацій голосовыхъ связокъ сохраняется при этомъ одна и та же, амплитуда же качанія ихъ, вначалѣ бо́льшая, потомъ постепенно уменьшается. Если теперь мы будемъ произносить звукъ а въ одномъ и томъ же тонѣ, постепенно усиливая голосъ (crescendo)—

а...а,

то это значитъ, что, при одной и той же быстротѣ вибрацій голосовыхъ связокъ, ширина ихъ качанія постепенно увеличивается. Вслушиваясь въ произношеніе, напр., слова

па́па,

мы замѣчаемъ, что ударенный слогъ сильнѣе или громче неударенаго. Съ точки зрѣнія акустической, это значитъ, что при произнесеніи ударенаго слога амплитуда колебанія воздушныхъ частицъ бо́льшая, нежели при произнесеніи неударенаго слога того же слова.

Наблюдая нашу рѣчь, мы замѣчаемъ, что въ ней мѣняется не только сила, но и высота произношенія. Это особенно легко наблюдать, когда разговариваютъ въ сосѣдней комнатѣ такъ, что самыхъ словъ мы не слышимъ, а замѣчаемъ только измѣненіе высоты тона. Измѣненіе высоты произношенія Гельмгольцъ представилъ нотами на двухъ предложеніяхъ—повѣствовательномъ и вопросительномъ: Ich bin spatzieren gegangen; Bist du spatzieren gegangen? *) Л. Мазингъ положилъ на ноты произношеніе словъ сербскаго языка, отличающагося, какъ извѣстно, пѣвучестью **). Въ области русскаго языка такія изслѣдованія вовсе еще

*) Ученіе о слуховыхъ ощущеніяхъ какъ физіологическая основа для теоріи музыки. Переводъ съ третьяго нѣм. изданія (1875) стр. 339.

**) Die Hauptformen des Serbisch-Chorwatischen Accents etc. (1876).

не производились, а между тѣмъ въ этомъ направленіи можно было бы предпринять цѣлый рядъ интересныхъ наблюденій.

Голосовыя связки имѣютъ различную длину у дѣтей и взрослых, у мущинъ и женщинъ. Голосовыя связки женщины короче, нежели голосовыя связки мущины, а потому женская гортань производитъ болѣе высокіе тоны; самыя короткія связки у дѣтей, которыя и имѣютъ наиболѣе высокій голосъ. У одного и того же индивидуума высота голоса измѣняется чрезъ измѣненіе натяженія голосовыхъ связокъ; чѣмъ больше натянуты голосовыя связки, тѣмъ быстрѣе онѣ вибрируютъ и, слѣд., тѣмъ выше ихъ тонъ.

Весьма разнообразными опытами доказывается, что натянутая струна, вибрируя какъ одно цѣлое, въ то же время дѣлится на большее или меньшее число равныхъ частей, изъ которыхъ каждая вибрируетъ какъ самостоятельная струна. Вибраціи частей струны производятъ, разумѣется, высшіе тоны (называемые *обертонами* или *верхними тонами*, а также *гармоническими тонами*) въ сравненіи съ тономъ цѣлой струны или *основнымъ*. Верхніе тоны смѣшиваются съ основнымъ тономъ и ихъ соединеніе производитъ то, что называютъ *тембромъ* или *звуковымъ оттѣнкомъ*. — Если мы будемъ держать звучащій камертонъ надъ отверстіемъ сосуда, въ который мы можемъ подливать воду и отливать ее и такимъ образомъ измѣнять высоту столба воздуха въ сосудѣ, то легко замѣтимъ, что звукъ камертона достигаетъ своей наибольшей силы только при извѣстной высотѣ воздушнаго столба, именно— когда колебаніе воздуха въ сосудѣ гармонируетъ (совпадаетъ) съ качаніемъ ножекъ камертона. Такое усиленіе звука называется *резонансомъ*.

Наблюдая надъ произношеніемъ гласныхъ, можно замѣтить, что при разныхъ гласныхъ полость рта имѣетъ разное уложеніе, а вслѣдствіе этого заключающаяся въ ней воздушная масса получаетъ разную настройку. Какимъ же способомъ находить тѣ тоны, въ которыхъ настроена воздушная масса полостей, лежащихъ надъ гортанью, при разныхъ гласныхъ? Тѣмъ же способомъ, которымъ опредѣляютъ настройку и другихъ воздушныхъ средъ; а именно, берутъ камертоны различной высоты тона, ударяютъ ихъ и подносятъ поочередно къ отверстію рта, имѣющаго уложеніе, свойственное изслѣдуемому гласному звуку; при этомъ тонъ того камертона, который соотвѣствуетъ основному тону заключенной въ полости рта массы воздуха, будетъ имѣть наибольшій резонансъ. Подобные опыты дали возможность Гельмгольцу выразить нотами резонансъ полости рта при различныхъ гласныхъ нѣмецкаго языка *). Настройка воздушной среды полостей, лежащихъ над гортанью и играющихъ роль надставной трубы, уже довольно значительно измѣняется при малыхъ измѣненіяхъ въ оттѣнкѣ гласнаго звука, какъ это, напр., встрѣчается въ различныхъ нарѣчіяхъ и говорахъ одного и того же языка. Поэтому Гельмгольцъ совѣтуетъ лингвистамъ, желающимъ опредѣлить гласные различныхъ языковъ, опредѣлить *высоту тона сильнѣйшаго резонанса* для уложеній полости рта, свойственныхъ гласнымъ даннаго говора или языка. Русскому лингвисту, который бы пожелалъ съ этой точки зрѣнія изслѣдовать гласные звуки русской рѣчи, можно посовѣтовать отправиться для такихъ изслѣдованій въ лабораторію Гельмгольца.

Для уясненія происхожденія гласныхъ звуковъ мы должны обратить вниманіе не только на настройку воздушной среды глотки и рта, но и на голосовыя связки. Голосовыя связ-

*) Ук. соч. стр. 154.

ки, вибрируя какъ цѣлыя и своими частями, издаютъ основной тонъ, соединяющійся съ верхними гармоническими тонами; изъ гармоническихъ тоновъ тѣ, которые болѣе приближаются къ настройкѣ воздушной массы полости рта, болѣе усиливаются (резонируются); остальные же верхніе тоны, чѣмъ менѣе они соотвѣствуютъ настройкѣ воздушной среды, тѣмъ болѣе бываютъ заглушены (ослаблены). Слѣдовательно, звуки гласныхъ отличаются существенно отъ звуковъ большей части музыкальныхъ инструментовъ тѣмъ, что *сила ихъ верхнихъ тоновъ зависитъ не отъ ихъ числа по порядку, а отъ ихъ абсолютной высоты* *).

И такъ, различіе гласныхъ звуковъ сводится къ различному резонансу обертоновъ голосовыхъ связокъ, различные гласные представляютъ соединеніе основнаго тона и обертоновъ голосовыхъ связокъ различной силы; словомъ, различіе гласныхъ сводится къ различію тембра.

Кто желаетъ подробно ознакомиться съ *теоріею гласныхъ* Гельмгольца, которую я изложилъ весьма коротко, см. его ук. соч. стр. 145 — 160. Дальнѣйшую разработку теоріи гласныхъ звуковъ продолжалъ Ауэрбахъ (см. *Grützner* Physiologie der Stimme und Sprache въ Hermann's Handb. der Physiol. II a (1879) стр. 177 сл.). Кромѣ того, см. *Poggendorff's* Annalen CLIV (1875), 272—294, 522—552.

Различія согласныхъ звуковъ поддаются анализу гораздо труднѣе, нежели тембръ гласныхъ. Хотя мы и можемъ указать, при какомъ положеніи органовъ произношенія происходятъ согласные звуки, однако мы еще не въ состояніи точно опредѣлить, какія вслѣдствіе этого происходятъ различія въ движеніи воздуха.

*) Посредствомъ *резонаторовъ* довольно явственно воспринимаются первые шесть или восемь верхнихъ тоновъ, но въ разнообразной силѣ смотря по гласному.

Когда наука показала, какимъ образомъ происходитъ наше произношеніе, когда она такимъ образомъ сдѣлала *анализъ* произношенію, естественно является попытка человѣческаго ума сдѣлать искуственный *синтезъ* изъ элементовъ, на которые было разложено наше произношеніе, и убѣдиться, дѣйствительно ли получится такимъ путемъ настоящая рѣчь? Таковъ *смыслъ говорящей машины* Ф а б е р а.

Эта говорящая машина устроена по образцу нашего органа рѣчи. Человѣческій органъ рѣчи можетъ быть раздѣленъ на три части:

а) Дыхательный аппаратъ.

б) Гортань.

в) Полости, лежащія надъ гортанью—глотка, полость рта и полость носа.

Въ говорящей машинѣ дыхательный аппаратъ замѣняютъ мѣхи, которыми производится необходимый для произношенія токъ воздуха. Роль гортани играетъ „язычковая трубка“. Подобно человѣческому органу рѣчи, говорящая машина имѣетъ полость рта съ органами произношенія—языкомъ и губами, и полость носа. У человѣка движенія органовъ произношенія совершаются подъ вліяніемъ импульсовъ, которые посылаются изъ головнаго мозга центрами произношенія черезъ посредство первовъ къ соотвѣтствующимъ мышцамъ; въ говорящей машинѣ Фабера нажимаются тѣ или другія клавиши, движенія которыхъ черезъ посредство рычаговъ сообщаются соотвѣствующимъ частямъ говорящаго аппарата машины.

Попробуемъ теперь для примѣра наблюсти наше произношеніе звуковъ **п, б** и **м** и посмотримъ, какимъ образомъ достигается произношеніе этихъ звуковъ говорящею машиною.

При произнесеніи звука **п** губы прижимаются одна к другой и полость рта надувается воздухомъ, который становится по мѣрѣ надуванія болѣе и болѣе плотнымъ, болѣе и

болѣе упругимъ. Съ увеличеніемъ напора воздуха усиливается соотвѣтственно и сжатіе губъ, что мы замѣчаемъ посредствомъ мускульнаго чувства въ послѣднихъ. Но при такихъ условіяхъ напирающій воздухъ, очевидно, не можетъ разорвать губнаго сжатія. Взрывъ производится тѣмъ, что напряженіе губъ начинаетъ разслабляться, вслѣдствіе чего воздухъ тотчасъ же вырывается и производитъ звукъ **п**. Легко замѣтить, что и при произнесеніи звуковъ **б** и **м** происходитъ подобное же сжатіе губъ. Спрашивается, чѣмъ же обусловливается различіе между разсматриваемыми звуками? При произнесеніи **п** гортань не производитъ никакого звука, токъ воздуха без шума проходитъ черезъ широко раскрытую голосовую щель. Ощущеніе звука **п** мы получаемъ отъ неперіодическихъ колебаній воздуха, вызванныхъ взрывомъ губъ. При произнесеніи **б** тоже происходитъ взрывъ губъ, чрезъ что воздухъ приходитъ въ неритмическое движеніе,—такъ же, какъ при произнесеніи звука **п**. Разница заключается въ томъ, что при произнесеніи **п** только и происходитъ неперіодическое колебаніе воздуха, между тѣмъ какъ при произнесеніи **б** происходитъ смѣшеніе неперіодическихъ колебаній, обусловленныхъ взрывомъ губъ и періодическаго движенія, вызваннаго въ воздухѣ вибраціями голосовыхъ связокъ (при произнесеніи звука **б** достаточно натянутыя голосовыя связки касаются или почти касаются одна другой и токъ воздуха приводитъ ихъ въ періодическія сотрясенія). Если звуки **п** и **б** ощущаются нами какъ близкіе одинъ къ другому, то это благодаря одинаковости шума; но только звукъ **п** есть шумъ, а звукъ **б**, такъ сказать,—тоношумъ. Приложивши палецъ къ гортани, мы ощущаемъ при произнесеніи **б** дрожаніе гортани, такъ какъ вибраціи голосовыхъ связокъ сообщаются хрящевому остову гортани; при произнесеніи же **п** мы ощущаемъ отсутствіе дрожанія, спокойное состояніе гортани, такъ какъ воздухъ при этомъ безъ шума проходитъ че-

резъ широко раскрытую голосовую щель. При произнесеніи звука м мы замѣчаемъ дрожаніе гортани такъ же, какъ при произнесеніи б; чѣмъ же производится особенность звука м? Звукъ м произносится съ носовымъ оттѣнкомъ, звуки же п и б—безъ носоваго оттѣнка. Это различіе обусловливается дѣйствіемъ мягкаго неба: мягкое небо, совершая движеніе къ задней стѣнкѣ глотки, является, такъ сказать, привратникомъ, то впускающимъ выдыхаемый воздухъ въ полость носа, то отражающимъ въ полость рта.—Въ говорящей машинѣ Фабера для разсмотрѣнныхъ нами трехъ звуковъ имѣется только одна клавиша для звука б; но за то имѣются два приспособленія: одно изъ нихъ открываетъ гортань, что необходимо для произнесенія такихъ звуковъ, какъ п; другое приспособленіе служитъ для отодвиганія пластинки, закрывающей носовую полость, что требуется для произнесенія носовыхъ звуковъ, напр. м. Не могу не упомянуть здѣсь объ остроумномъ опытѣ г. Фабера. На носовое отверстіе кладется пластинка бумаги, закрывающая это отверстіе; она лежитъ непотревоженной, пока произносятся звуки неносовые, и немедленно слетаетъ при произнесеніи носовыхъ звуковъ.

Кто хотя нѣсколько знакомъ съ практическою механикой, тотъ легко пойметъ, что для того чтобы искусственно подражать простымъ движеніямъ органовъ произношенія, требуется уже довольно сложный механизмъ. Какова же должна быть сложность искуственнаго механизма, съ помощью котораго можно было бы въ точности воспроизводить все разнообразіе движеній органовъ произношенія! Вотъ почему устройство говорящей машины Фабера не вполнѣ одинаково съ устройствомъ человѣческаго органа рѣчи. Въ этой говорящей машинѣ губы и языкъ не имѣютъ такой подвижности, какъ у человѣка. Вотъ почему изобрѣтатель машины долженъ былъ въ надставной

трубѣ помѣстить вертикально одну за другою шесть металлическихъ довольно толстыхъ діафрагмъ, которыя могутъ подниматься и опускаться на различную высоту, при чемъ эти движенія діафрагмъ разнообразно комбинируются другъ съ другомъ. Благодаря этому, надставная труба въ говорящей машинѣ принимаетъ различную величину и форму и различно модифицируетъ (оттѣняетъ) звуки, болѣе или менѣе подобно звукамъ человѣческой рѣчи. Звукъ р въ говорящей машинѣ Фабера производится дрожаніемъ не языка, а пластинки, помѣщенной за гортанью передъ устьемъ мѣха.

Если говорящая машина Фабера нѣкоторые звуки русскаго языка произноситъ несовершенно, то при этомъ нужно имѣть въ виду не одно несовершенство машины, но также и то, что изобрѣтатель ея имѣлъ въ виду прежде всего звуки роднаго языка, которые могутъ болѣе или менѣе отличаться отъ соотвѣтствующихъ звуковъ русскаго языка.

Подробности устройства говорящей машины Фабера можно найти въ сочиненіи: Д ю М о н с е л ь Телефонъ, микрофонъ и фонографъ. Перев. съ франц. (1880) стр. 307—315.

Скажу теперь нѣсколько словъ о тѣхъ *улучшеніяхъ*, которыя мнѣ кажутся возможными какъ въ отношеніи самаго устройства говорящей машины, такъ и въ отношеніи исполненія произношенія лицами, заставляющими говорить машину.

Мѣхи въ машинѣ одни и имѣютъ приводъ съ педалью, на которую долженъ дѣйствовать ногою играющій на клавіатурѣ. Мнѣ кажется, лучше было бы снабдить машину двумя мѣхами для того, чтобы производить токъ воздуха любой продолжительности; ими должно дѣйствовать другое лицо, а не то, которое играетъ на клавишахъ. Путемъ упражненія будетъ достигнуто согласіе въ исполненіи произношенія.

Язычкомъ въ гортани говорящей машины служитъ весьма тонкая пластинка изъ слоновой кости на тонкой каучуковой подкладкѣ. Все же голосъ машины крикливый. Значитъ, требуется нѣкоторое усовершенствованіе язычковаго аппарата гортани.

Произношеніе машины монотонно; но это зависитъ отъ игры лицъ, заставляющихъ ее говорить. Вслушиваясь въ наше произношеніе, напр. слова

па́па,

не трудно замѣтить, что гласный а ударе́ннаго слога продолжительнѣе и сильнѣе гласнаго а неударе́ннаго слога. Чтобы сдѣлать произношеніе машины болѣе сильнымъ, слѣдуетъ энергичнѣе дѣйствовать мѣхами; чтобы сдѣлать произношеніе болѣе продолжительнымъ, нужно болѣе продолжительное нажатіе соотвѣтствующей клавиши. Далѣе, въ нашей рѣчи мѣняется высота тона; въ говорящей машинѣ имѣется приспособленіе для повышенія и пониженія голоса; этимъ приспособленіемъ и слѣдуетъ пользоваться при произношеніи фразъ.

Если только будетъ найденъ способъ устраивать машины, которыя бы совершенно точно подражали движеніямъ органовъ произношенія или звукамъ человѣческой рѣчи, то *такія говорящія машины будутъ весьма важны для лингвистики.* Дѣло въ томъ, что произношеніе измѣняется во времени; а потому такія совершенныя говорящія машины, сохраняясь въ теченіи вѣковъ, были бы памятниками древняго произношенія.

Впрочемъ, *наука о языкѣ можетъ болѣе или менѣе точно сохранять древнее произношеніе и другими способами*, не

говоря уже объ общепринятомъ правописаніи и научно-фонетическомъ письмѣ, напр:

1. Мнѣ кажется, возможно достигнуть способа добывать, такъ сказать, *точную модель надставной трубы*, свойственной разнымъ звукамъ.

2. *Метода окрашиванія*, состоящая въ слѣдующемъ: языкъ на́-сухо вытираютъ, покрываютъ густымъ слоемъ туши и артикулируютъ (совершаютъ движеніе) для произнесенія извѣстнаго звука; отпечатки на небѣ артикуляцій языка срисовываются. См.: 1) Oakley-Coles (Transactions of the odontological society of Great Britain IV. N. Ser. 110) 1871; 2) Gavarret Phonation, Audition (1877) стр. 402; 3) Grützner ук. соч. (имѣются рисунки отпечатковъ для l, r, s, š на стр. 204, 207, 219, 221); 4) Techmer Phonetik. Zur vergleichenden Physiologie der Stimme und Sprache (1880) стр. 30; рисунки см. Altas tab. IV; 5) Sievers Grundzüge der Phonetik (1881)[2] примѣч. на стр. 46—47.

3. *Графическая метода.* Къ губамъ прилаживается шарниръ, ножки котораго раздвигаются и сближаются соотвѣтственно движенію губъ; движенія ножекъ передаются Марееву барабану и записываются. Въ полость носа вводится каучуковая трубка; сгущеніе воздуха, при опущеніи небной занавѣски подобнымъ же образомъ записывается. Къ гортани прикрѣпляется электрическій аппаратъ; дрожаніе гортани передается электрическому аппарату и тоже записывается. См.: 1) Rosapelly Inscription des mouvements phonétiques (въ Physiologie expérimentale, Travaux du laboratoire de M. Marey II (1876) стр. 109—131); 2) Grützner ук. соч. стр. 200.

и мн. др.

Было бы весьма желательно, чтобы такимъ путемъ была обработана *физіологія звуковъ русскаго языка* и изданъ *атласъ*. Такой трудъ былъ бы драгоцѣннымъ вкладомъ и въ сравнительную антропофонику. Такія изслѣдованія имѣли бы также практическое значеніе, облегчая точное усвоеніе произношенія чужихъ языковъ. Въ заключеніе позволю себѣ высказать мысль, что возможность примѣнять объективныя средства при изслѣдованіи рѣчи, возможность записывать движенія органовъ произношенія и изслѣдовать чисто акустическую сторону рѣчи, — все это указываетъ на то, что *произношеніе можетъ быть измѣряемо*; значитъ возможно и желательно *примѣненіе математики къ лингвистикѣ*, что придастъ точность наукѣ о языкѣ.

В. Богородицкій.

Печатано по опредѣленію Общества Естествоиспытателей при Императорскомъ Казанскомъ Университетѣ.

Президентъ *А. Штукенбергъ*.

а. 1883 года.